

■ 苏州信能精密机械有限公司/刘 忠 李晓龙

智能制造技术 在珩磨领域的应用



苏州信能总经理刘忠

珩磨加工作为孔精密加工的关键技术，在航空航天、军工、汽车及精密液压等许多重要领域占据举足轻重的地位。近年来，随着智能化技术的发展，珩磨技术与智能化技术的融合掀起了珩磨加工领域的新革命。苏州信能精密机械有限公司是国内最具规模的从事珩磨加工产品研发制造的企业，从珩磨机整机、油石及工具的研发、设计，到生产、装配、调试及售后服务，公司具有完整的产品研发流程和雄厚的技术力量。2011年，公司在德国斯图加特市建立研发平台，并于2013年收购了德国知名孔加工装备制造企业——德国DEGEN机械制造有限公司51%股份，双方合作良好，苏州信能公司正在积极吸收世界领先的精密珩磨加工技术。

苏州信能着眼未来，近年来依托国家重大科技专项及省科技专项，就一些业内先进技术进行研究开发，成功将智能化技术引入珩磨制造领域，出色地完成了国家重大科技专项“高压共轨燃油喷射系统关键零部件制造装备”中多轴多工位智能化珩磨机的研发制造，取得用户单位极高的评价，在智能化珩磨技术方面积累了经验。同时，德国DEGEN机械制造有限公司研发出目前世界上最先进的智能化全自动高速珩磨

机系列——Vision Ultimate，将智能化技术、高速运动与精密控制技术、精密在线测量与反馈技术、超精密珩磨工具制造技术和高精度珩磨加工技术完美融合，集成了传统的铰、铰磨和内圆磨等工艺的的优点，加工精度及加工效率有极大提高，为业界树立了技术标杆。

智能化全自动操作实现全闭环智能控制

Vision Ultimate智能化高速珩磨机可以完全实现无人智能操作，由传统的人工控制发展到全闭环智能控制。它不仅可以单台使用，还可以多台并联或串联使用，形成珩磨加工系统。该系统集成了工业机器人、在线自动测量系统、自动刷毛刺装置、工件自动找正装置及工件输送系统等。在珩磨加工过程中，各个系统互相配合工作，实现智能化无人操作，在加工效率大幅提升的同时，加工精度和尺寸一致性都得到了保证。

首先，工业机器人可以实现自动上下料，将工件夹放至预设位置，工件再通过输送系统分别到达珩磨工位、测量工位及刷毛刺工位，使用VU高速珩磨机还可以与输送滚道、料盘、工件转台及输送滚道+料盘等多种外部输送装置结合，形成全自动加工单元。

其次，自动测量装置通过精密量仪实现自动在线测量，测量结果被反馈到控制系统，用以补偿砂条磨损。此外，测量装置还可以测量工件的多个截面，截面位置



德国DEGEN公司研发的Vision Ultimate智能化高速珩磨机

可编程设定,测量结果可以反馈到控制系统,由控制系统控制,实现自动形状修正。

高速高精度运动实现高效高精加工

Vision Ultimate智能高速珩磨机采用双驱动往复形式,主轴和夹具均可往复运动,其行程速度和行程加速度均大幅提高。由于采用了直线电动机驱动夹具,高速珩磨机的行程速度可以达到最高200 m/min,行程加速度最高60 m/s²。在加工小孔零件时,设备可以实现最高40次/s往复,而传统珩磨机只能达到最高4~5次/s往复。正是这一关键技术,使得高速珩磨机的加工效率相对于传统珩磨机有了几倍的提高。同时,VU高速珩磨机的主轴转速也大为提高,最高可达12 000 r/min,这使得即使加工微小孔时也可保证很高的磨削线速度,进而保证了加工效率和加工表面质量。

新型珩磨刀具

Vision Ultimate智能高速珩磨机采用了新一代珩磨刀具,配合主轴自定心系统,可实现很高的刀具回转精度。新的刀具形式一方面进一步提高了加工效率,单次珩磨最大扩张量可达100 μm,集成了铰、珩磨及内圆磨等工艺的优点,传统珩磨需要4~5道工序才能完成的加工,使用VU珩磨机只需一道工序即可达到要求;另一方面工件加工后圆度及圆柱度也更加精确,圆柱面的胀刀方式使得刀具定心度高,具有恒定的胀刀路径,一道工序即可达到较高的精度,精度一致性得到了保证。同时,珩磨杆内有切削液通道,珩磨过程中切削液从刀具内部喷出,直接喷到加工内孔表面,有利于排屑,使珩磨条不易堵塞,工件材料对刀具的影响较小,故障几率远低于传统珩磨杆。珩磨工艺由于空间的相对密闭性以及磨削接触面积较大,使得磨削产生的热量难以排散,如果冷却不佳就容易使得工件表面烧伤,进而影响工件表面加工质量和使用性能,采用内喷冷却油的方式可以使冷却效果大为改善,有效防止磨削烧伤的产生。而且珩磨过程中珩磨套和工件接触,珩磨杆无接触,只需更换珩磨套,珩磨杆理论上可以永久使用,这样大幅降低了使用成本。

先进的控制系统

控制系统是智能化珩磨制造系统的灵魂。Vision Ultimate智能化高速珩磨机采用智能化电控系统,该控

制系统具有高精度、高可靠性及高灵敏度等特点,结合加工要求和工艺步骤,该控制系统可以准确协调各复杂装置联合工作,实现智能化加工、检测、反馈与调整,保证最高的加工效率和精度。

首先,由于VU智能高速珩磨机采用直线电动机高速运动,如何实现其高速稳定性、位置精准性是控制系统的重要任务。该系统设计限制加速度的S形加减速轨迹规划算法实现高速柔性往复运动,通过多重运动学约束,产生加速度连续的速度控制曲线,避免对机构的冲击。对于进给速度、行程和运动学约束等参数的不同配置,自动分类确定合理的S形加减速控制策略,实现加工时间的优化,且在换向位置保证较高的精度,实现高速往复运动的稳定精准控制,这对于盲孔加工具有重要意义。

其次,精密伺服进给系统直接关系到加工精度。该系统采用纳米级精度数据采样插补算法,在控制系统内部实现高精度光顺插补控制。同时,控制系统控制精度(脉冲当量)可根据需要调节,适应广泛的精度控制需求。

第三,该控制系统具有较好的扩展性能。根据精密在线测量系统反馈的测量信号,对珩磨加工进行闭环控制,达到加工要求后停止加工。同时在多机串联加工时,该系统可扩展配珩功能,根据测量系统反馈的测量信号,控制系统可以自动分配每个工位的加工余量,实现精密配珩加工。

正是智能化珩磨控制系统精确强大的控制能力,各个系统才能有机融合、协调工作,充分发挥出各部分效能,达到极高的加工精度和加工效率。

结语

展望未来,智能化技术将渗透进工业生产的各个部门,珩磨产品智能化已成为必然趋势,智能珩磨技术具有很好的市场前景和广阔的发展空间。苏州信能精密机械有限公司将基于以往智能化珩磨产品的开发经验,并且深化国际合作与交流,以国际化视野准确把握未来先进技术的走向,不断加强智能化前沿技术的研发力度,努力成为具备国际竞争力的珩磨产品制造企业,成为国内孔精密加工行业的引领者。

关键词:

智能化 珩磨 Vision Ultimate

(收稿日期20140503)